

## ЗАБРУДНЕННЯ <sup>137</sup>CS ПРИРОДНИХ ПАСОВИЩ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

*Викладені результати комплексних чотирирічних досліджень особливостей радіоактивного забруднення травостоїв природних угідь Українського Полісся.*

За останні роки в області радіоекології накопичено значну кількість даних про фактори, які визначають перехід радіоцезію в системі ґрунт–рослина–тварина–продукція. При цьому в більшій мірі вивчені такі об'єкти біосфери як сільськогосподарські ландшафти і в меншій – природні екосистеми, які є критичними в радіологічному відношенні. Вони характеризуються високими показниками міграції радіонуклідів у харчових ланцюгах та є важливим резервом у збільшенні виробництва дешевих і повноцінних кормів [1,2,5,6].

Прийняті більш жорсткі допустимі рівні (ДР-97) забруднення продуктів харчування радіоцезієм загострили проблему одержання екологічно чистої продукції тваринництва особливо в приватному секторі північних областей України. Населення цих районів широко використовує природні сінокоси і пасовища для випасу худоби в літній період, заготівлі кормів на зиму, які в радіологічному відношенні можуть бути основними джерелами надходження радіонуклідів у організм тварин і далі, через продукцію, в організм людини [3, 4].

Рациональне використання значного потенціалу природних кормових угідь потребує глибокого знання їх екологічних і продуктивних характеристик. Вивчення цих проблем, кількісне визначення параметрів переносу радіоактивності в ланцюгу ґрунт-раціон-організм тварин з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей, типів природних угідь, біологічних особливостей травостоїв значно розширить можливість вибору використання різних технологічних прийомів для покращання радіологічного стану прогнозу забруднення тварин і продукції в конкретних умовах.

Тому головною метою наших досліджень було вивчення закономірностей міграції радіоцезію в системі ґрунт-рослина-молоко корів при використанні напівприродних кормових угідь.

### Матеріал і методи досліджень

#### *1. Дослідження на природних ландшафтах*

У період з 1995 по 1998 рік проводили роботи з екологічного і радіоекологічного моніторингу в різних зонах радіоактивного забруднення Коростенського та Народицького районів Житомирської області. У 1995 році були закладені довголітні екосистемні стаціонари.

**Стаціонар 1.** Природні угіддя розташовані в заплаві частині р. Уж с. Христинівка Народицького району. Угіддя характеризуються короткотривалим періодом затоплення у весняний паводковий період тривалістю менше 20 діб. Ґрунти дернові, глибокі, глееві, супіщані на прісноводних суглинках. Травостій використовується для випасу тварин і представлений рослинами різних родин.

Врожайність зеленої маси – 100-120 ц/га. Середня щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  становить 1700 кБк/м<sup>2</sup>.

**Стаціонар 2.** Природні угіддя розташовані в заплаві частині р. Уж с. Христинівка Народицького району. Ці угіддя характеризуються більшим періодом затоплення у весняний та літній паводковий період (тривалість до 50 діб). Ґрунти гідроморфні, дернові, глибокі, глеєві, легкосуглинкові на алювіальних відкладах. Травостій використовується для випасу тварин і представлений рослинами різних родин. Урожайність зеленої маси – 50-75 ц/га. Середня щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  становить 350 кБк/м<sup>2</sup>.

**Стаціонар 3.** Природні угіддя суходільні, нормального зволоження, розташовані в с. Вороневе Коростенського району. Підйом ґрунтових вод вище 80 см не спостерігається. Тип ґрунту дерново-підзолистий, оглеєний. Травостій представлений рослинами багатьох родин і використовується для випасу тварин приватного сектору. Врожайність зеленої маси – 50-70 ц/га. Середня щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  становить 390 кБк/м<sup>2</sup>.

**Стаціонар 4.** Культурне пасовище с. Бехи Коростенського району. Тип ґрунту дерново-підзолистий, супіщаний. Суходіл нормального зволоження. Травостій представлений рослинами різних родин і використовується для випасу худоби колективного господарства. Врожайність зеленої маси – 100-125 ц/га. Середня щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  ґрунту становить 190 кБк/м<sup>2</sup>.

Зразки ґрунтів відбирались за загальноприйнятими методиками польових дослідів. Ґрунтові профілі склались із 8 окремих шарів, які характеризують вертикальний розподіл  $^{137}\text{Cs}$  на глибину 40 см: 0-2 см (дернина), 2-3 см, 3-5 см, 5-10 см, 10-15 см, 15-20 см, 20-25 см, 25-40 см.

Результати агрохімічного аналізу ґрунтів свідчили про низький вміст гумусу (1,2-1,4 %), обмінного калію (6,8-9,7 мг/100 г) та фосфору (7,2 -12,0 мг/100г), рН складала 5,2-5,8.

Вивчення міграції  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в різні види рослин та травостій природних угідь у залежності від фази вегетації, циклів стравлювання, висоти зрізу (5-7 см і 12-15 см), показників продуктивності, ботанічного складу та поживності пасовищної трави проводили протягом 1995-1998 років.

На стаціонарах 1 і 2 були закладені ділянки розміром 300 м<sup>2</sup>. Кожна ділянка розбивалась на 50 мікроділянок розміром 2x3 м. Відбір середніх зразків ґрунту та рослинності проводився за 6 варіантами.

*Варіантом 1* передбачалось взяття зразків ґрунту і трави 4 рази: перший у фазі виходу в трубку, другий, третій і четвертий (відповідно 1-а, 2-а, 3-я отава). У *варіанті 2* – трьохразове взяття зразків: перше у фазі цвітіння, а далі 2-а і 3-я отава, у *варіанті 3* – дворазове взяття – перше у фазі плодоношення, у *варіанті 4* – одноразове – фаза повного відмирання наземних пагонів, у варіанті 5 – дворазове, але перше у фазі виходу в трубку, а друге через 50-60 днів у фазі цвітіння отави, у варіанті 6 – дворазове, але перше у фазі цвітіння трав, а друге через 60-65 днів у фазі цвітіння отави.

У зразках трави за загальноприйнятими методиками визначали хімічний склад та вміст  $^{137}\text{Cs}$  спектрометром на базі детектора з кристалом БДЕГ – 21 - Р;

Досліджували вторинне забруднення пасовищної трави на стаціонарі 2 протягом 1997-1998 років. З цієї метою відбирались зразки пасовищної трави з дослідних ділянок на висоті від поверхні землі 5-7 см (імітація випасу та захвату тваринами частинок дернини). Відібрану пробу пасовищної трави масою 1 кг розділяли на дві частини, одну з яких промивали дистильованою водою для виділення частинок ґрунту та пилу, а інша виконувала функцію контрольного зразка. З досліджуваних зразків виділялась також стара трава з метою визначення в ній активності радіонукліду. Після висушування, за різницею вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у відмитому та контрольному зразках визначали внесок радіонукліду вторинного походження в загальну забрудненість трави.

## 2. Дослідження на дійних коровах приватного сектору

В даних дослідженнях вивчали продуктивність і ботанічний склад травостою пасовищ різного типу (стаціонари 1 і 2).

Проведено чотири досліди на дійних коровах приватного сектору (по 8 у кожному досліді), які довільно випасались на пасовищах (стаціонари 1,2,3). Перший дослід проводився в пасовищний період 1995 року, другий – 1996, третій і четвертий – 1997 року. Середня продуктивність корів складала 3000 л молока в рік.

Кількість спожитої трави тваринами за циклами стравлювання визначалась методом пробного снопа.

В дослідях вивчали продуктивність тварин, сезонну динаміку міграції  $^{137}\text{Cs}$  в трофічному ланцюзі ґрунт-пасовищна трава–молоко шляхом визначення КП радіонуклідів у трофічних ланцюгах: ґрунт–трава, ґрунт–молоко, раціон–молоко.

КП радіонуклідів у фітомасу рослин розраховували як відношення питомої активності сухої речовини рослини до щільності забруднення радіонуклідом ґрунту:  $\text{КП} = (\text{Бк/кг}) / (\text{кБк/м}^2)$ .

КП радіонуклідів у ланцюгу ґрунт-молоко розраховували як відношення питомої активності молока до щільності забруднення радіонуклідом ґрунту:  $\text{КП} = (\text{Бк/кг}) / (\text{кБк/м}^2)$ .

КП  $^{137}\text{Cs}$  з раціону в молоко розраховували як відношення концентрації нукліду в молоці (Бк/кг) до його денного надходження в складі раціону (Бк/день):  $\text{КП} = (\text{Бк/кг}) / (\text{Бк/день})$ .

## Результати досліджень

### Дослідження на природних ландшафтах

**Вертикальний розподіл  $^{137}\text{Cs}$  по ґрунтовому профілю різнотипових природних угідь.** На автоморфних, суходільних ґрунтах нормального зволоження (стаціонари 1 і 3) в 5 см шарі ґрунту сконцентровано відповідно 97% і 90% від загального запасу активності  $^{137}\text{Cs}$ . Гідроморфні ґрунти (стаціонар 2), що характеризуються низьким рівнем залягання ґрунтових вод, частими затопленнями повеневими та паводковими водами відзначаються більш інтенсивними процесами вертикальної міграції  $^{137}\text{Cs}$  та рівномірним вертикальним розподілом його на глибину до 25 см.

**КП  $^{137}\text{Cs}$  в різні види рослин природних кормових угідь.** Різниця в значеннях КП в окремі види рослини досягала від 2,2 до 12,6 разів.

Найбільш високі КП  $^{137}\text{Cs}$  серед трав стаціонару 1 були у куколиці білої –  $1,01 \pm 0,08$ , конюшини повзучої –  $0,87 \pm 0,08$ , перстача –  $0,75 \pm 0,06$ , трохи нижчі у вики мишачої –  $0,53 \pm 0,04$ , люцерни хмелевидної –  $0,51 \pm 0,04$ , деревія звичайного –  $0,41 \pm 0,03$ ; будяка колючого –  $0,40 \pm 0,03$ . Самі низькі значення КП були у грестиці збірної –  $0,09 \pm 0,01$ , моркви дикої –  $0,08 \pm 0,01$  (Бк/кБк/м<sup>2</sup>).

Порівняння КП рослин різних сімейств показує чітку закономірність. Найвищий КП мають бобові  $0,54 \pm 0,04$ , а далі в порядку зниження: розоцвіті –  $0,44 \pm 0,05$  > складноцвіті –  $0,31 \pm 0,02$  > злакові –  $0,18 \pm 0,01$  > зонтикові –  $0,14 \pm 0,01$ .

У межах однієї родини різниця в значеннях КП окремих рослин складала для злакових 3 рази, бобових – до 4 раз, розоцвітих – 6, зонтикових – 2,2 і складноцвітих – 3,2 рази.

**Вплив фази вегетації на вміст  $^{137}\text{Cs}$  та КП з ґрунту в рослини природних кормових угідь.** Фаза вегетації трав природних угідь впливає на активність в ній радіонуклідів і КП його з ґрунту в рослини. Так, на угіддях стаціонару 1 найвищий вміст  $^{137}\text{Cs}$  в траві і КП протягом двох років відзначались у фазі виходу в трубку ( $587 \pm 112,3$  і  $0,33 \pm 0,057$ ). По мірі дозрівання ці показники зменшуються. Вірогідно вища в 1,46 рази питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у фазі виходу в трубку порівняно з фазою цвітіння ( $p < 0,05$ ) в 1,67 порівняно з фазою плодоношення та 2,54 з фазою повного відмирання наземних пагонів ( $p < 0,01$ ).

На угіддях стаціонару 2 у різні роки спостерігалась інша картина. Так, у 1997 році найвища питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в траві була у фазі виходу в трубку ( $399 \pm 34,2$  Бк/кг), а в

1998 році у фазі цвітіння ( $452 \pm 34,9$  Бк/кг). В середньому за два роки питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в траві була найвищою у фазі цвітіння ( $405 \pm 29,9$  Бк/кг).

Ці відмінності можна пояснити меншим періодом затоплення цих угідь, кількістю опадів та більш посушливою погодою. Найвищими КП  $^{137}\text{Cs}$  спостерігались на угіддях стаціонару 2 -  $1,17 \pm 0,10$  у фазі цвітіння. На угіддях стаціонару 1 ці показники були в декілька разів меншими і найвищий становив  $0,33 \pm 0,06$  у фазі виходу в трубку.

КП  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в рослини в залежності від циклу стравлювання суттєво не змінюється.

В середньому за два роки на угіддях стаціонару 1 вірогідно ( $p < 0,05$ ) сама висока питома активність радіонукліду відзначається у 3 циклі. Найвищими в цей період був і КП радіонукліду з ґрунту в рослини ( $0,48 \pm 0,14$ ).

На угіддях стаціонару 2 абсолютні показники вмісту радіонукліду в траві були нижчими ніж на стаціонарі 1. Більш високі КП  $^{137}\text{Cs}$  в усіх циклах стравлювання, як за всіма роками так і в середньому за два роки досліджень були на стаціонарі 2. Різниця складає від 3,6 до 2 раз.

**Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в траві в залежності від висоти зрізу.** Активність  $^{137}\text{Cs}$  в траві природного пасовища (стаціонар 3) перевищує аналогічні показники травостою культурного пасовища (стаціонар 4) при майже однаковій щільності забруднення ґрунтів у 2 рази. На природному пасовищі при скошуванні трави на висоті 12-15 см від поверхні землі вміст в ній  $^{137}\text{Cs}$  був на 28% менше ніж при традиційній висоті скошування (5-7 см). Збільшення висоти зрізу знижує урожайність травостою на 37% для природного та на 48% для культурного пасовища.

**Внесок вторинного забруднення в концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  в пасовищній траві** залежить від інтенсивності використання та фази вегетації. Найменший ( $12,9 \pm 0,95\%$ ) цей показник був при використанні травостою один раз у фазі повного відмирання наземних пагонів (варіант 4). Він у 3,55 рази ( $p < 0,001$ ) достовірно менший порівняно з травною, яку скошували чотири рази (варіант 1), у 4,35 рази ( $p < 0,001$ ) від травостою, що скошувався тричі (варіант 2), у 2,77 рази ( $p < 0,01$ ) менше у траві, яку скошували двічі (варіант 3), у 3,75 рази ( $p < 0,001$ ) ніж у траві, яку скошували тричі (варіант 5), та у 3 рази ( $p < 0,001$ ) менше порівняно з травною, скошеною двічі (варіант 6).

На підставі одержаних даних можна констатувати, що чим частіше використовується травостій на початкових стадіях вегетації тим більшим є внесок ґрунтових частинок та пилу в загальну забрудненість трави.

#### *Вивчення особливостей міграції $^{137}\text{Cs}$ з ґрунту в корми та продукцію тваринництва*

**Продуктивність, ботанічний склад і поживність трави за фазами вегетації та циклами стравлювання.** Угіддя стаціонару 1 на автоморфних ґрунтах були більш високопродуктивними в усі фази вегетації, порівняно зі стаціонаром 2 на гідроморфних ґрунтах. Різниця за фазами вегетації складала 1,5-2 рази.

У залежності від циклу стравлювання продуктивність і ботанічний склад травостоїв у різні роки відрізнялися у межах типу угіддя та між собою.

Від початку до кінця пасовищного періоду в 1,6 – 1,8 рази зменшується кількість сирого і перетравного протеїну, в 1,8 рази цукру, в 1,1 рази безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) та в 1,5 рази підвищується вміст сирої клітковини. Зміни вмісту інших поживних речовин і елементів живлення несуттєві.

Порівнюючи фактичні дані вмісту поживних речовин в пасовищній траві з нормативними потребами дійних корів було встановлено, що в кожному циклі стравлювання потреби корів не задовольняються за 4-7 показниками у 14 досліджуваних. При цьому тільки на 17-25% задовольняються потреби в крохмалі, на 27-64% у ЛПВ і 40-60% у фосфорі (в усіх циклах стравлювання).

Не відповідає нормативам у всіх циклах співвідношення цукру і крохмалю, ЛПВ і перетравного протеїну, кальцію і фосфору, БЕР та сирої клітковини. В третьому циклі не витримується цукро-протеїнове, в третьому та четвертому - співвідношення калію до кальцію і магнію, в четвертому – енергії і перетравного протеїну.

**Умови годівлі корів приватного сектору.** В літній період за поживністю раціони корів приватного сектору на 81-91% задовольняються пасовищною травою та незначною кількістю концентрованих кормів.

Це зумовлює і надходження в організм корів  $^{137}\text{Cs}$ . В усіх дослідах за рахунок пасовищної трави його поступало в організм корів від 91 до 98%.

**Динаміка  $^{137}\text{Cs}$  в молоці та КП у трофічному ланцюгу раціон-молоко.** Спостерігаються коливання значень КП від початку до кінця пасовищного періоду - максимум в 1-му циклі, потім зниження в 2-му і 3-му та збільшення в 4-му циклі стравлювання. В 1-му досліді в усіх циклах максимальні значення питомої активності (104-125 Бк/кг) перевищували ДР-97, хоча середні показники ( $59\pm 4,7 - 84\pm 7,6$ ) Бк/кг відповідали нормативам. КП (1,23-2,32) були вище загальноприйнятих.

У 2-му досліді максимальні і мінімальні значення питомої активності радіонуклідів були низькими, а середні КП були 0,8-1,6.

У 3-му досліді також показники були в межах ДР-97 за всіма циклами КП максимальним - 1,19 у першому циклі і 0,18-0,30 - у інших.

У 4-му досліді максимальні показники вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в молоці перевищували ДР-97 у 1 циклі - 141 Бк/кг, 3 - 203 Бк/кг, 4 - 103 Бк/кг, хоча середні значення були в межах нормативу. КП були в межах 0,91-1,57.

**КП  $^{137}\text{Cs}$  в трофічних ланцюгах ґрунт-трава, ґрунт-молоко.** Встановлено, що КП  $^{137}\text{Cs}$  залежать від типу угідь, циклу стравлювання травостоїв, погодних умов та інших факторів. Отримані результати характеризуються значною мінливістю - до 10 раз, як між угіддями так і в різні роки у межах одного угіддя. Це пояснюється головним чином видовим складом травостоїв та їх зміною протягом пасовищного періоду.

### Висновки

1. Встановлено, що через 11 років після аварії на ЧАЕС в 5 см шарі автоморфних, суходільних, нормального зволоження ґрунтах знаходилось до 97% запасу активності  $^{137}\text{Cs}$ , з них біля 56% в 2 см шарі. Вміст радіонуклідів в такому ж шарі гідроморфних ґрунтів значно менший, і на цих ґрунтах більше 90% радіонуклідів знаходилось у шарі 25 см, тобто в зоні активного розміщення кореневих систем пасовищних рослин.

2. Визначено ієрархічний ряд рослин різних родин за КП  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в рослини. Найвищі значення характерні для бобових  $0,54\pm 0,04$ , а далі в порядку зниження йдуть розоцвіті ( $0,44\pm 0,05$ ) > складноцвіті ( $0,31\pm 0,02$ ) > злакові ( $0,18\pm 0,01$ ). У рослин в межах однієї родини різниця в значеннях КП складає для злакових 3 рази, бобових - до 4, розоцвітих - до 6, зонтикових - 2,2, складноцвітих - 3,2 рази.

3. Фаза вегетації трав, погодні умови, кількість опадів, строки затоплення пасовищ та зміни ботанічного складу травостоїв впливають як на вміст  $^{137}\text{Cs}$  в фітомасі так і на КП його в ланцюгу ґрунт-рослина. Найвищі рівні КП  $^{137}\text{Cs}$  в траву природних пасовищ спостерігаються у фазах виходу в трубку та цвітіння, а потім зменшуються в міру дозрівання рослин.

4. Значних відмінностей в значеннях КП між циклами стравлювання не встановлено. Відмічено тенденцію до підвищення КП в 3-му циклі на стаціонарі 1 (автоморфний ґрунт) та в 2-му циклі на стаціонарі 2 (гідроморфний ґрунт).

5. Накопичення  $^{137}\text{Cs}$  в траві природних угідь залежить від висоти зрізу, вторинного забруднення трави за рахунок налипання ґрунтових частинок та пилу. При висоті зрізу 12-15 см від поверхні землі питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в 1,39 рази нижче, ніж у траві, висота зрізу якої 5-7 см. Внесок вторинного забруднення в загальну концентрацію радіонуклідів в траві залежить від фази вегетації та інтенсивності використання травою.

8. Експериментальним аналізом системи годівлі корів приватного сектору встановлено, що головними компонентами їх раціонів є пасовищні трави природних угідь. За поживністю в залежності від періоду використання та типу угідь вони складають від 81 до 91%. Це обумовлює і загальну питому активність раціонів корів за  $^{137}\text{Cs}$  на 91-98%.

9. Встановлено, що активність за  $^{137}\text{Cs}$  раціону та виділення його з молоком змінюється в залежності від циклу стравлювання та типу угідь. На угіддях стаціонарів 1 та 3 питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в молоці в окремих випадках перевищує ДР-97 у 2 рази. Значення КП в ланцюгах ґрунт-трава, ґрунт-молоко, раціон-молоко відрізняються як між типами

угідь так і за циклами стравлювання. Спостерігається тенденція коливання значень КП від початку до кінця пасовищного періоду: максимум в 1-му циклі, потім зниження в другому та 3-му і збільшення в 4-му циклі втравлювання.

### Література

1. Динамика содержания радионуклидов в выпадениях пастбищной растительности и молока в Ленинградской области после аварии на ЧАЭС/ *Алексахин Р.М., Недбаевская Н.А., Санжарова Н.Н., Томинова Л.Д.* // Атоменергия.- 1991.-Т.10, №1.- С.63-64.
2. *Анненков Б.М., Юдинцева Е.В.* Основы сельскохозяйственной радиологии.-М.: Агропромиздат, 1991. - 286 с.
3. *Богданов Г.А., Пристер Б.С.* Применение сорбентов в производстве молока и мяса на территориях загрязненных <sup>137</sup>Cs // Тезисы докл. Третьего съезда по радиационным исследованиям.- Пущино, 1997.-Т.2. - С.433.
4. *Бондарь П.Ф., Терещенко Н.Р., Шматок И.О.* Оценка биологической доступности радиоцезия и радиостронция и ее влияния на накопление радионуклидов в урожае в зависимости от биологических особенностей растений // Пробл. с.-х радиологии.- К., 1996.- Вып.4. - С.143.
5. Основные факторы определяющие поведение радионуклидов в системе почва-растение / *Пристер Б.С., Перепелятников Л.В., Душинов В.И., Хомутин Ю.В.* // Пробл. с.-х радиологии : Сб. науч. тр. - К.: 1992. - Вып.2.- С.108-117.
6. *Славов В.П., Високос М.П.* Зооекологія.- К.: Аграр. наука, 1997. - С.240-241.